

### 3. Detailed explanation of the invention

#### [Scope of the invention]

The present invention relates to a piezoelectric motor for transforming the vibrations of a piezoelectric element into forward or rotating motion.

#### [Prior art technology]

Piezoelectric motors are used to transform the potent vibration energy of a piezoelectric element into, for example, rotation forces. They can be a compact, powerful motor with a simplified structure compared to conventional electromagnetic motors and have been in development for various practical applications.

The piezoelectric motor generally operates in a manner in which the reciprocating motion of the tip of a piezoelectric element periodically abuts against an output member to rotate or advance it using friction.

#### [Problems overcome by the invention]

The piezoelectric element described above often has a plate shape that allows for relatively large vibration amplitudes. However, the plate shape does not produce sufficient displacement for direct driving the output member. A displacement amplifying mechanism is conventionally provided between the piezoelectric element and the output member. This imposes a further limitation on down-sizing and simplifying the piezoelectric motor.

In view of the above problems, the purpose of the present invention is to provide a sufficiently powerful, compact piezoelectric motor having a simplified structure in which the piezoelectric vibrator is improved in shape to produce increased vibration amplitude and therefore eliminates the need of a displacement amplifying mechanism.

[Problem resolution means]

The structure of the present invention is described hereafter with reference to Figs. 1 and 2. A piezoelectric element 1 has a plate shape with the tip abutting against an output member 2 and having a through-hole 13.

[Efficacy]

The tip of the piezoelectric plate element 1 having through-holes 13 produces significantly large vibration displacement compared to conventional ones when the same oscillating voltage is applied, thereby realizing a compact and powerful piezoelectric motor without a displacement amplifying mechanism.

[Embodiments]

Fig.1 is a section view of the piezoelectric motor of the present invention. In the figure, a rotor 2 or an output member is provided in a motor housing 7 with the output rotation shaft 3 being supported. The rotor 2 is a ceramic disc, the thickness of which is stepwise increased to the periphery 21 from the center. The rotation shaft 3 is inserted into the rotor 2 at the center and is fixed thereto with a mounting metal ring 31 abutting against either end periphery of the opening (only one shown).

Above the rotor 2 is provided a piezoelectric plate 1, the base 12 of which is fixed and supported by the housing wall and the tip 11 of which abuts against the top surface of the rotor 2. The piezoelectric plate 1 of this embodiment is made of a lead titanate zirconate based PZT ceramic and is gradually reduced in width to the tip 11 as shown in Fig.2. The piezoelectric plate 1 has a round through-hole 13 on the main surface. The piezoelectric plate 1 has conductive electrodes (not shown) on both entire surfaces formed for example by deposition. The electrodes are connected to an alternating current source via leads. A felt 14 is bonded to the electrodes at the tip as a vibration absorbent. In this embodiment, the widths  $l_1$  and  $l_2$  of the base 12 and tip 11 and the diameter  $r$  of the through-hole are 22mm, 12mm, and 8mm, respectively.

The piezoelectric plate 1 is inclined by  $\theta$  in relation to the horizontal plane (Fig.1). A press plate 4 is provided with the tip abutting against the felt 14. The base of the press plate 4 is wound and rotatable around the bearing 41. A voltage 5 is vertically provided

on the housing wall above the press plate 4. A coil spring 6 is provided between the voltage 5 and press plate 4 with vibration absorbing rubber sheets 61 and 62 in-between, respectively. The spring 6 keeps biasing the press plate 4 downward, thus pressing the piezoelectric plate 1 against the periphery of the rotor 2 at a fixed pressure.

The volt 5 is screwed in a lock nut 51 provided on the housing wall. The voltage 5 is rotated and moved up or down to adjust the pressure on the piezoelectric plate 1. Here, the angle  $\theta$  is approximately 30 degrees.

In the piezoelectric motor having the above structure, with alternating voltage equal to the resonation frequency of the piezoelectric plate 1 applied (57 KHz in this embodiment), the piezoelectric plate 1 extends and deforms in accordance with the polarity of the voltage. This results in periodically pressing the rotor 2 in the tangential direction to rotate it, as shown in Fig.3.

Fig.3 is an enlarged view to show the deformation of the piezoelectric plate 1. When positive voltage is applied by an alternating current source 8, the piezoelectric plate 1 expands in thickness and reduces in length as shown by the solid lines. On the other hand, when negative voltage is applied, the piezoelectric plate 1 reduces in thickness and expands in length as shown by the broken lines. Expansion and reduction occurs in a hysteric mode. Thus, the ends undergo reciprocal motion with oval tracks, as shown in the figure.

The tip 11 of the piezoelectric plate 1, which abuts against the rotor 2, is substantially pressed against the rotor 2 when the applied voltage is altered from positive to negative, rotating the rotor 2 in the direction indicated by the arrow.

The through-hole 13 serves to amplify the expansion degree of the piezoelectric plate 1. The output rotation rate and torque of the motor are significantly increased as shown by the line x in Fig.4 compared to the conventional piezoelectric plate without the through-hole 13 (the line y) for the same power source.

The possible reason why the through-hole 13 serves to amplify the expansion degree of the piezoelectric plate 1 is that the piezoelectric plate 1 has a ring shape as a whole which increases the freedom of expansion of the tip 11.

In this embodiment, the felt 14 and rubber sheets 61 and 62 serve to prevent vibrations of the piezoelectric plate 1 from transmitting to the housing 7.

Fig.5 shows another embodiment of the present invention that comprises plural piezoelectric plates 1A, 1B, 1C, and 1D, each abutting against the outer periphery of the rotor 2 so as to increase the output torque. Fig.6 shows another embodiment of the present invention in which the coil spring 6 directly presses the piezoelectric plate 1 without using the press plate 4. This leads to a further simplified structure where the width of the piezoelectric plate 1 is not significantly larger than the diameter of the spring 6.

Fig.7 shows various shapes of the piezoelectric plate 1. As shown in Fig.7 (a) to (h), various shapes are available. The most efficient vibration transmission is obtained when the tip 11 has a width appropriately selected between the largest width of the piezoelectric plate 1 and approximately half of it. The opening size of the through-hole 13 can be preferably maximized within the range in which the mechanical strength is not excessively reduced.

#### 4. Brief description of the drawings

Figs 1 to 4 show an embodiment of the present invention: Fig.1 is a cross section of the entire motor; Fig.2 is a plan view of the piezoelectric plate; Fig.3 is a schematic side view of the piezoelectric plate; and Fig.4 is a graphic representation of the output torque-rotation rate of the motor. Fig.5 is a cross section of the entire motor of another embodiment of the present invention. Fig.6 is a cross section of the entire motor of another embodiment of the present invention. Fig.7 is a plan view to show various shapes of the piezoelectric plate.

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭62-239876

⑬ Int. Cl.<sup>4</sup>

H 02 N 2/00  
H 01 L 41/08

識別記号

庁内整理番号

8325-5H  
C-7131-5F

⑭ 公開 昭和62年(1987)10月20日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全4頁)

⑮ 発明の名称 圧電モータ

⑯ 特 願 昭61-84667

⑰ 出 願 昭61(1986)4月11日

⑱ 発 明 者	吉 永 融	西尾市下羽角町岩谷14番地 株式会社日本自動車部品総合研究所内
⑱ 発 明 者	夏 山 幸 弘	西尾市下羽角町岩谷14番地 株式会社日本自動車部品総合研究所内
⑱ 発 明 者	笹 嶋 規 雄	西尾市下羽角町岩谷14番地 株式会社日本自動車部品総合研究所内
⑱ 発 明 者	大 道 重 樹	西尾市下羽角町岩谷14番地 株式会社日本自動車部品総合研究所内
⑲ 出 願 人	株式会社日本自動車部品総合研究所	西尾市下羽角町岩谷14番地
⑳ 代 理 人	弁理士 伊藤 求馬	

明 細 書

1. 発明の名称

圧電モータ

2. 特許請求の範囲

圧電素子の往復運動する先端を往路ないし復路の一方で出力部材に周期的に圧設せしめてこれを直進ないし回転せしめる圧電モータにおいて、上記圧電素子を板状となすとともに板面には抜き穴を形成したことを特徴とする圧電モータ。

3. 発明の詳細な説明

[産業上の利用分野]

本発明は圧電素子の振動を直進ないし回転運動に変換する圧電モータに関する。

[従来の技術]

圧電モータは圧電素子の強力な振動エネルギーを回転力等に変換するもので、従来の電磁力を利用したモータに比して構造簡単で小型かつ強力なモータを得ることができ、近年広い分野でその実用化のための研究開発がなされている。

圧電モータの一般的概念は、圧電素子の往復振

動する先端を周期的に出力部材に当接せしめて摩擦力によりこれを回転ないし直進せしめるものである。

[発明が解決しようとする問題点]

ところで、上記圧電素子としては、比較的大きな振動振幅が得られる板状体が多用されているが、板状体とした場合の変位も出力部材を直接駆動するには充分でなく、従来は上記圧電素子と出力部材間に変位拡大機構を設けている。そして、これがより一層の圧電モータの小型化および簡易化の制約となっていた。

本発明はかかる問題点に鑑み、圧電振動板の形状を改良することにより大きな振動振幅を得、これにより変位拡大機構を要せず、充分に強力で小型かつ構造簡単な圧電モータを提供することを目的とする。

[問題点を解決するための手段]

本発明の構成を第1図、第2図で説明すると、出力部材2に先端を当接せしめて設けた圧電素子1は、全体を板状となし、かつ板面には抜き穴1

3が形成してある。

〔作用効果〕

抜き穴13を形成した板状圧電素子1の先端は、同一の励振電圧源によつても従来のものに比して格段に大きな振動変位を示し、これにより変位拡大機構を要しない小型かつ強力な圧電モータが実現される。

〔実施例〕

第1図に本発明の圧電モータの断面図を示す。図において、モータハウジング7内には出力回転軸3に支持せしめて出力部材たるロータ2が設けてある。ロータ2は外周部21の板厚を中心部のそれに比して段付きに厚くしたセラミック円板であり、中心部に上記回転軸3を貫通せしめるとともに、貫通部周縁の両側面(一方のみ図示)に当接せしめた取付用金属リング板31により回転軸3に固定されている。

ロータ2の上方には圧電板1が配設され、その基板12はハウジング壁に固定支持されるとともに先端11はロータ2の頂面に接している。圧電

板1は本実施例ではチタン酸ジルコン酸鉛を主成分とするPZTセラミックよりなり、その先端部は、第2図に示す如く、先端11に向けて漸次幅を小さくしてある。そして、圧電板1の板面には円形の抜き穴13が設けてある。圧電板1には両面全面に蒸着等により通電電極(図略)が形成され、これら電極はリード線を介して交流電源に接続してある。また、上記先端部には電極上に振動吸収材としてのフェルト14が貼着してある。本実施例において、基端12および先端11の各寸法 $\phi_1$ 、 $\phi_2$ と抜き穴13の直径 $r$ は、それぞれ22mm、12mm、8mmである。

上記圧電板1は水平面に対して角度 $\theta$ (第1図)傾斜せしめてあり、これに設けた上記フェルト14に先端を当接せしめて押付板4が配設してある。押付板4の基端は支軸41に巻きつけてあって、支軸41回りに回転自在である。上記押付板4の上方にはハウジング壁にボルト5が立設してあり、該ボルト5と押付板4間には、これらにそれぞれ設けた振動吸収用ゴム板61、62を介してコイ

ルバネ6が設置してある。しかして、バネ6により押付板4は下方へ付勢され、圧電板1をロータ2外周面に一定圧で押し付けている。

上記ボルト5はハウジング壁に設けたロックナット51に螺合しており、該ボルト5を回転上下せしめて上記圧電板1の押付圧を調整することができる。なお、上記角度 $\theta$ は約30度とした。

上記構造の圧電モータにおいて、圧電板1の共振周波数(本実施例では57KHz)に等しい交流電圧をこれに印加すると電圧の極性に依じて伸縮変形し、ロータ2を周期的に接線方向へ押圧して回転せしめる。これを第3図に示す。

図は圧電板1の変形を拡大して描いてあり、交流電源8から正電圧が印加されると、図の実線の如く、圧電板1は厚さ方向へ伸長するとともに長さ方向へは収縮する。一方、負電圧が印加されると、図の破線の如く、圧電板1は厚さ方向へ収縮するとともに長さ方向へは伸長する。これら伸縮はヒステリシスを有して行なわれ、この結果、各端部は図示の如く楕円軌道を描いて往復移動する。

かくして、圧電板1の先端11をロータ2に当接せしめることにより、正電圧から負電圧へと印加電圧が変化する過程で上記先端11はロータ2に強く押し付けられ、ロータ2を矢印の方向へ回転せしめる。

圧電板1の伸縮変形量は抜き穴13を設けたことにより大きなものとなり、同一電源を使用した場合のモータの出力回転数およびトルクは、第4図線Xに示す如く、抜き穴13のない従来の圧電板を使用した場合(線Y)に比していずれも大幅に改善される。

抜き穴13を設けたことにより圧電板1の変形量が増加する原因としては、圧電板1全体が環状となるため先端11の伸縮自由度が増すことによると思われる。

また、本実施例では、フェルト14およびゴム板61、62を設けたことにより、圧電板1の振動はハウジング7へ伝達することなく阻止される。

第5図には本発明の他の実施例を示し、複数の圧電板1A、1B、1C、1Dを設けてこれらを

ロータ2の外周に当接せしめることにより、さらにモータの出力トルクを増大せしめることができる。第6図には本発明のさらに他の実施例を示し、押付板4を使用することなく、コイルバネ6により直接圧電板1を押圧するものである。圧電板1の幅がバネ6の径に比してそれ程大きくない場合には、かかる構造とすることによりさらに簡素化が図られ得る。

第7図には本発明における圧電板1の他の形状を示す。図の(a)～(h)に示す如く、種々の形状が使用でき、先端11の幅寸法は圧電板1の最大幅とその約1/2の間で適当に選択すると最も効率の良い振動伝達が行ない得る。また、抜き穴13の開口面積比は機械的強度を過度に低下せしめることのない範囲で大きくするのが良い。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図ないし第4図は本発明の一実施例を示し、第1図はモータの全体断面図、第2図は圧電板の平面図、第3図は圧電板の概略側面図、第4図はモータの出力トルク-回転数曲線、第5図は本発

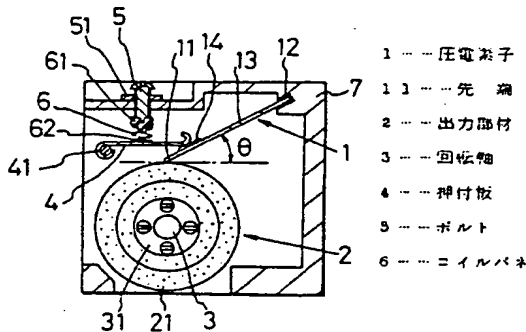
明の他の実施例を示すモータの全体断面図、第6図は本発明のさらに他の実施例を示すモータの全体断面図、第7図は圧電板の他の形状を示す平面図である。

- 1 …… 圧電板 (圧電素子)
- 11 …… 先端
- 13 …… 抜き穴
- 2 …… ロータ (出力部材)
- 3 …… 回転軸
- 4 …… 押付板
- 5 …… ボルト
- 6 …… コイルバネ

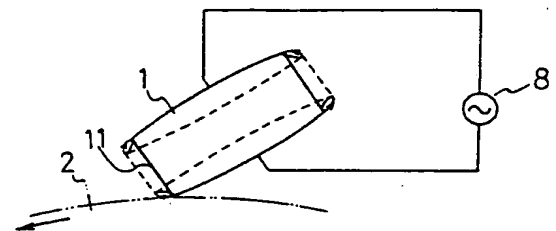
代理人 弁理士 伊藤 求 馬



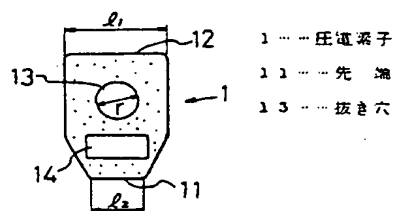
第1図



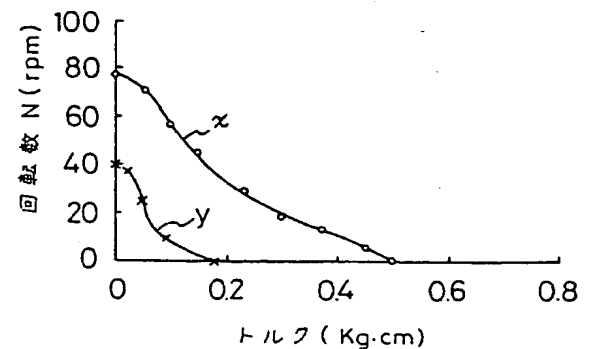
第3図



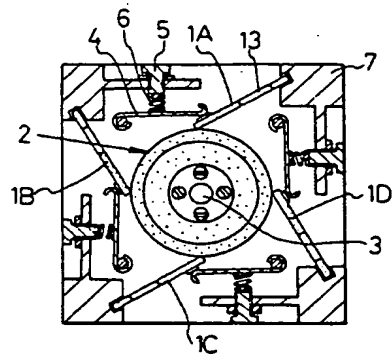
第2図



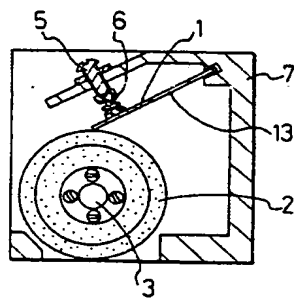
第4図



第 5 図



第 6 図



第 7 図

